

# Method and circuit arrangement for controlling the output power of an electrosurgical radio-frequency generator

**Publication number:** DE3119735 (A1)

**Publication date:** 1983-01-27

**Inventor(s):** VERZICHT DES ERFINDERS AUF NENNUNG

**Applicant(s):** DELMA ELEKTRO MED APP [DE] +

**Classification:**

- **international:** **A61B18/12; A61B18/12;** (IPC1-7): A61B17/39; H03L5/02

- **European:** A61B18/12G

**Application number:** DE19813119735 19810518

**Priority number(s):** DE19813119735 19810518

**Also published as:**

DE3119735 (C2)

**Cited documents:**

DE2504280 (C3)

DE2801833 (B1)

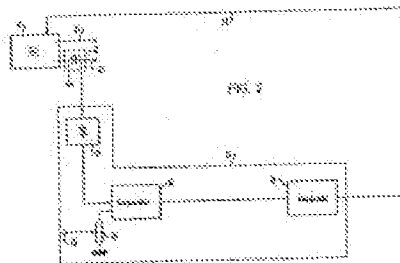
DE2821498 (A1)

DE2710752 (A1)

DE2706394 (A1)

## Abstract of DE 3119735 (A1)

In order to avoid the formation of an electric arc, in a method and a circuit arrangement for controlling the output power of an electrosurgical radio-frequency generator, the flattening (11) of the output current/time curve which occurs at the cutting electrode (12) when a glow discharge is used is utilised to form the control voltage.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 31 19735 A1**

⑤① Int. Cl. 3:  
**A61 B 17/39**  
H 03 L 5/02

②① Aktenzeichen:  
②② Anmeldetag:  
④③ Offenlegungstag:

P 31 19 735.3  
18. 5. 81  
27. 1. 83

⑦① Anmelder:

Delma, elektro- und medizinische Apparatebau GmbH,  
7200 Tuttlingen, DE

⑦② Erfinder:

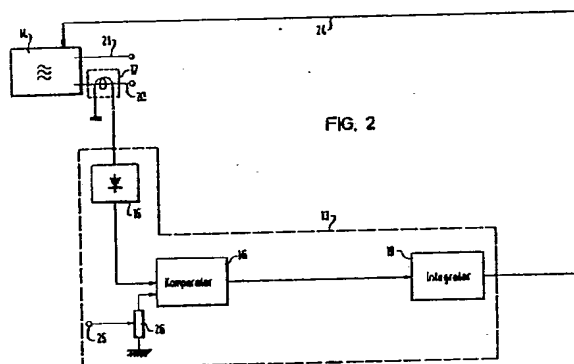
Antrag auf Nichtnennung

DE 31 19735 A1

Behördeneigentum

⑤④ **Verfahren und Schaltungsanordnung zur Regelung der Ausgangsleistung eines Elektrochirurgie-Hochfrequenz-Generators**

Bei einem Verfahren und einer Schaltungsanordnung zur Regelung der Ausgangsleistung eines Elektrochirurgie-Hochfrequenz-Generators wird die beim Einsetzen einer Glimmentladung an der Schneidelektrode (12) auftretende Abflachung (11) der Ausgangsstrom-Zeitkurve am Nulldurchgang zur Bildung der Regelspannung verwendet, um die Ausbildung eines Lichtbogens zu vermeiden.  
(31 19 735)



DE 31 19735 A1

MANITZ, FINSTERWALD & GRÄMKOW

Firma  
Delma GmbH  
Ludwigstaler Straße 25  
7200 Tuttlingen

DEUTSCHE PATENTANWÄLTE  
DR. GERHART MANITZ · DIPL.-PHYS.  
MANFRED FINSTERWALD · DIPL.-ING., DIPL.-WIRTSCH.-ING.  
WERNER GRÄMKOW · DIPL.-ING.  
DR. HELIANE HEYN · DIPL.-CHEM.  
HANNS-JÖRG RÖTERMUND · DIPL.-PHYS.

BRITISH CHARTERED PATENT AGENT  
JAMES G. MORGAN · B.Sc. (PHYS.) D.M.S.

ZUGELASSENE VERTRETER BEIM EUROPÄISCHEN PATENTAMT  
REPRESENTATIVES BEFORE THE EUROPEAN PATENT OFFICE  
MANDATAIRES AGRÉÉS PRÈS L'OFFICE EUROPÉEN DES BREVETS

München, den 18. Mai 1981  
S/Ha-D 2500

---

Verfahren und Schaltungsanordnung zur Regelung der Ausgangsleistung eines Elektrochirurgie-Hochfrequenz-Generators

---

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Regelung der Ausgangsleistung eines Elektrochirurgie-Hochfrequenz-Generators, welcher über Zuleitungen an eine Schneidelektrode bzw. eine Neutralelektrode angeschlossen ist, wobei die Ausgangsstromstärke des Hochfrequenz-Generators durch eine vom Ausgangsstrom abgeleitete Regelspannung so eingestellt wird, daß an der Schneidelektrode die Entladestromdichte auf einen geringeren als zur Zündung eines Lichtbogens notwendigen Wert beschränkt bleibt, dadurch gekennzeichnet, daß die beim Einsetzen einer Glimmentladung an der Schneidelektrode (12) auftretende Abflachung (11) der Ausgangsstrom-Zeitkurve am Nulldurchgang zur Bildung der Regelspannung verwendet wird.

2. Schaltungsanordnung zur Regelung der Ausgangsleistung eines Elektrochirurgie-Hochfrequenz-Generators nach Anspruch 1 mit einem Geber, welcher ein zum Ausgangsstrom des Hochfrequenz-Generators proportionales Ausgangssignal abgibt und einer Regelstufe zuführt, die in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal die Leistung des Hochfrequenz-Generators regelt, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelstufe (13) eine Abflachungsfeststellungsstufe (13) ist, welche beim Beginn des Auftretens der Abflachung (11) der Ausgangsstrom-Zeitkurve ein die Ausgangsleistung des Hochfrequenz-Generators (14) herabsetzendes Regelsignal an den Hochfrequenz-Generator (14) abgibt.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelstufe (13) als erstes Glied einen Gleichrichter (15) aufweist.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelstufe (13) eine Impulsbildungsstufe (16) aufweist, welche aus dem vom Geber (17) abgeleiteten Ausgangssignal Rechteckimpulse (18) formt, deren Länge sich mit der Abflachung (11) der Ausgangsstrom-Zeitkurve verändert und vorzugsweise verkürzt, und daß das Ausgangssignal der Impulsbildungsstufe (16) an einen Integrator (19) angelegt ist, der das Regelsignal an den Hochfrequenz-Generator (14) abgibt.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsbildungsstufe ein Komparator (16) ist, dessen einem Eingang eine vorzugsweise einstellbare Festspannung und dessen anderem Eingang das gegebenenfalls gleichgerichtete Ausgangssignal des Gebers (17) zugeführt ist.

10.05.61

3119735

- 3 -

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Regelung der Ausgangsleistung eines Elektro-Chirurgie-Hochfrequenz-Generators, welcher über Zuleitungen an eine Schneidelektrode bzw. einer Neutralelektrode angeschlossen ist, wobei die Ausgangsstromstärke des Hochfrequenz-Generators durch eine vom Ausgangsstrom abgeleitete Regelspannung so eingestellt wird, daß an der Schneidelektrode die Entladestromdichte auf einen geringeren als zur Zündung eines Lichtbogens notwendigen Wert beschränkt bleibt.

Die Schneidelektrode hat dabei im allgemeinen die Form einer Nadel, eines Messers, einer Lanzette oder einer Drahtschlinge, kann aber auch relativ großflächig sein. Der zu behandelnde Patient wird dadurch in den Hochfrequenz-Stromkreis eingeschaltet, daß vorzugsweise an der der Angriffsseite der Schneidelektrode entgegengesetzten Körperseite eine großflächige Neutralelektrode angeordnet wird. Wird dann die Schneidelektrode von der entgegengesetzten Seite an das Körpergewebe des Patienten herangebracht, so fließt ein Hochfrequenz-Strom zwischen der Neutralelektrode und der Schneidelektrode durch den Körper des Patienten. In der unmittelbaren Umgebung der Schneidelektrode wird durch deren Kleinflächigkeit eine hohe Stromdichte erzielt, so daß in den der Schneidelektrode benachbarten Gewebebezirken eine erhebliche elektrische Verlustwärme gebildet wird. Wird der Strom auf einen entsprechenden Wert angehoben, so wird die Verlustwärme so hoch, daß eine Gerinnung der Zellflüssigkeit in den Gewebszellen erfolgt. Hierbei wird das Gewebe koaguliert. Überschreitet die Temperatur in dem die Schneidelektrode umgebenden Gewebebezirk  $100^{\circ}\text{C}$ , so verdampft die Zellflüssigkeit und die Gewebezellen werden aufgesprengt. Auf diese Weise kann die Schneidelektrode einen Schnitt in das Gewebe hineinlegen.

Die Vorteile des Durchschneidens von Gewebe mittels einer an Hochfrequenz liegenden Schneidelektrode bestehen darin, daß die Flanken des Schnittes weniger bluten, das Operationsfeld übersichtlicher bleibt und die Keimverschleppung verhindert wird. Kapillar- und Lymphgefäße werden beim Elektroschnitt sofort wieder verschlossen. Größere Blutungen können dadurch versorgt werden, daß die zum Schneiden benützte Elektrode entweder für eine längere Zeit an der blutenden Stelle belassen oder mittels einer stumpfen Elektrode in Form einer Kugel oder einer Strom leitenden Arterienklemme ein ganzer Gewebebezirk mittels der Hochfrequenz-Elektrode koaguliert wird.

Im Moment des Anschneidens besteht in der Regel eine direkte Berührung (Ohm'scher Kontakt) zwischen der Schneidelektrode und dem Gewebe. Die Last des Hochfrequenzgenerators ist in diesem Fall nahezu reell.

Wird die Generatorleistung groß genug, um die Gewebezellen in unmittelbarer Umgebung der Schneidelektrode so zu erhitzen, daß die Zellflüssigkeit verdampft und die Gewebezellen aufplatzen, dann kann die direkte Berührung zwischen Schneidelektrode und Gewebe verlorengehen, wenn die Fortbewegung der Schneidelektrode hinreichend langsam erfolgt, da sich durch Verdampfen von Flüssigkeit um die Schneidelektrode herum ein Gaspolster bildet. Im Stromverlauf ist diese Phase dadurch gekennzeichnet, daß in einem endlichen Bereich um den Nulldurchgang der Generator-Spannung ein vergleichsweise kleiner Strom in das Gewebe fließt.

Eine weiter gesteigerte Generator-Spannung führt zu einem Anwachsen des elektrischen Feldes zwischen der Schneidelektrode und dem Gewebe. Unter der Einwirkung des elektrischen Feldes

18.05.81

3119735

- 5 -

wird den Elektronen schließlich die Austrittsenergie zugeführt, die sie zum Verlassen der gegenüberliegenden Oberflächen (Gewebeoberflächen bzw. Schneidelektrodenoberfläche) benötigen. Es fließt schließlich also ein Entladestrom, der mit der Generator-Spannung weiter anwächst. Im Gegensatz zum Stromfluß durch Ohm'schen Kontakt entsteht bei einer derartigen Entladung durch das Gaspolster die Wärme im wesentlichen an den gegenüberliegenden Oberflächen, was eine deutliche Verminderung der gesamten Wärmebelastung des Gewebes bedeutet und den Leistungsbedarf entsprechend herabsetzt.

Ein derartiger Schnitt wird bei relativ kalter Elektrode (maximal 200° C) durchgeführt.

Wird nun die Schneidelektrode nicht rasch genug nachgeführt, dann vergrößert sich die Schlagweite der Entladung, und die zunächst nur vorhandene Glimmentladung schlägt in eine Lichtbogenentladung um. Dies hat zur Folge, daß die Elektrodenoberflächen erheblich heißer als bei einer Glimmentladung werden. An den Elektroden entsteht ein Abbrand, der insbesondere bei Drahtschlingenelektroden zur vorzeitigen Zerstörung führen kann. Weiter zieht sich der kathodische Ansatzfleck zu einem kleinen Brennpunkt zusammen, in dem die Stromdichte sehr viel höher ist als bei der Glimmentladung.

Das Gewebe wird vom Lichtbogen in einem sehr kleinen Bereich erhitzt, wobei die auftretenden Temperaturen weit höher sind, als sie zum Schneiden notwendig wären.

Es ist also zweckmäßig, wenn die Generator-Spannung so begrenzt bleibt, daß beim Verlorengehen des direkten Ohm'schen Kontaktes zwischen der Schneidelektrode und dem Gewebe beim Aufplatzen der Gewebezellen und dem Verdampfen von Flüssigkeit kein Licht-

bogen mit den hohen Brenntemperaturen und kleinen Ansatzflächen auftreten kann. Vielmehr soll die mit relativ geringer Erhitzung und geringem Leistungsbedarf verbundene Glimmentladung aufrechterhalten bleiben.

Der Lichtbogen hat darüber hinaus den großen Nachteil, daß seine erhebliche Strahlungswärme das umliegende Gewebe verbrennt, er eine Eiweißzersetzung mit der begleitenden Bildung giftiger Zersetzungsstoffe verursacht und die Abheilung dadurch beeinträchtigt.

Es sind bereits verschiedene Vorrichtungen bekannt, die die Stromstärke des Hochfrequenzgenerators durch einen automatisch und hinreichend schnellen Regelvorgang so einstellen, daß einerseits die für den Schneid- bzw. Koagulationsvorgang notwendige Gewbeerwärmung sichergestellt, andererseits aber das Entstehen von Lichtbögen oberhalb kritischer Größen verhindert wird (DE-OS 25 04 280).

Sofern bei derartigen Regelvorrichtungen das Signal für die Steuerung des Generators aus dem Stromfluß oder der Ausgangsspannung oder aus beiden Werten abgeleitet wird, läßt sich damit die Bildung eines Lichtbogens an der Schneidelektrode nicht mit Sicherheit verhindern. Wegen der laufend wechselnden Impedanzwerte im Stromkreis sind die jeweiligen Augenblickswerte für Strom und Spannung für die Bildung eines Lichtbogens nicht unbedingt maßgebend.

Weiterhin ist es bekannt, daß die Leuchterscheinung des durch den Hochfrequenz-Strom zwischen der Schneidelektrode und dem Gewebe erzeugten Lichtbogens mit Hilfe eines Optoelektrischen Wandlers in das elektrische Signal für die Steuerung einer Regelung umgewandelt wird. In einer weiteren bekannten Vorrich-



tung werden die durch den Lichtbogen erzeugten harmonischen Frequenzen gemessen und als Signal zur Steuerung einer Regelung ausgewertet. Dieser fordert jedoch einen erheblichen schaltungstechnischen Aufwand.

Schließlich ist auch schon eine Ausführungsform bekannt, bei der als Signal für die Regelung der niederfrequenten Anteil im Schneidstrom gemessen wird. Das Vorhandensein derartiger niederfrequenter Stromanteile setzt jedoch bereits die Zündung eines Lichtbogens voraus, die ja gerade durch eine sinnvoll arbeitende Regelung verhindert werden soll. Eine Anordnung, bei der die niederfrequenten Stromanteile im Schneidstrom als Kriterium zur Regelung herangezogen werden, ist deshalb für die Elektrochirurgie wenig geeignet.

Alle bekannten Vorrichtungen zur Leistungsregelung eines Elektrochirurgie-Hochfrequenz-Generators haben daher gemeinsam, daß entweder Strom- oder Spannungswerte gemessen und als Signal für eine Regelung ausgewertet oder andere Kriterien gemessen werden, die erst nach Zündung eines Lichtbogens an der Schneidelektrode in Erscheinung treten.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, bei denen die Unterbrechung der direkten Berührung zwischen der Schneidelektrode und dem Gewebe unabhängig von der Höhe der Amplitude der Generator-Spannung oder des Schneidstromes beim Nulldurchgang der Stromamplitude gemessen und als Signal zur Steuerung der Ausgangsleistung des Hochfrequenz-Generators herangezogen wird. Im Gegensatz zu den bekannten Vorrichtungen soll dabei weder ein Strom- noch ein Spannungswert für die eigentliche Regelung herangezogen werden.

18.05.81

3119735

- 8 -

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung vor, daß die beim Einsetzen einer Glimmentladung an der Schneidelektrode auftretende Abflachung der Ausgangsstrom-Zeitkurve am Nulldurchgang zur Bildung der Regelspannung verwendet wird.

Eine bevorzugte Schaltungsanordnung zur Ausführung dieses Verfahrens mit einem Geber, welcher ein zum Ausgangsstrom des Hochfrequenz-Generators proportionales Ausgangssignal abgibt und einer Regelstufe zuführt, die in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal die Leistung des Hochfrequenz-Generators regelt, kennzeichnet sich dadurch, daß die Regelstufe eine Abflachungsfeststellungsstufe ist, welche beim Beginn des Auftretens der Abflachung der Ausgangsstrom-Zeitkurve ein die Ausgangsleistung des Hochfrequenz-Generators herabsetzendes Regelsignal an den Hochfrequenz-Generator abgibt.

Erfindungsgemäß wird also kein vom Ausgangsstrom abgeleiteter Strom- oder Spannungswert zur Regelung verwendet, sondern das Strombild. Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, daß das erste Anzeichen für die Unterbrechung der direkten Berührung zwischen Schneidelektrode und Gewebe eine Abknickung der Stromamplitude im Bereich des Nulldurchganges ist. Die Breite dieses abgeknickten Bereiches der Stromamplitude ist ein eindeutiges Maß für die Entladestromdichte. Erfindungsgemäß wird also eine Regelung bereits dann in Gang gesetzt, wenn die Abknickung der Stromamplitude beim Nulldurchgang auftritt, indem ein entsprechendes Signal zur Regelung des Hochfrequenz-Generators gebildet und diesem zugeführt wird. Die Entladestromdichte wird dabei auf einen Wert begrenzt, der im Bereich der gewünschten Glimmentladung liegt.

Eine bevorzugte praktische Ausführungsform kennzeichnet sich dadurch, daß die Regelstufe als erstes Glied einen Gleichrichter aufweist.

Eine vorteilhafte Ausführungsform ist weiter so ausgebildet, daß die Regelstufe eine Impulsbildungsstufe aufweist, welche aus dem vom Geber abgeleiteten Ausgangssignal Rechteckimpulse formt, deren Länge sich mit der Abflachung der Ausgangsstrom-Zeitkurve verändert und vorzugsweise verkürzt, und daß das Ausgangssignal der Impulsbildungsstufe an einen Integrator angelegt ist, der das Regelsignal an den Hochfrequenz-Generator abgibt. Dabei soll insbesondere vorgesehen sein, daß die Impulsbildungsstufe ein Komparator ist, dessen einem Eingang eine vorzugsweise einstellbare Festspannung und dessen anderem Eingang das gegebenenfalls gleichgerichtete Ausgangssignal des Gebers zugeführt ist.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt

- Fig. 1            eine schematische Darstellung einer herkömmlichen Elektrochirurgie-Vorrichtung mit einem Hochfrequenz-Generator in Anwendung bei einem Patienten,
- Fig. 2            eine bevorzugte Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung,
- Fig. 3            ein Impuls-Zeitdiagramm, zur Veranschaulichung des Ausgangssignals des Komparators 16 nach Fig. 2,
- Fig. 3a           ein schematisches Diagramm der Änderung der Regelspannung in Abhängigkeit vom Ausgangsstrom,
- Fig. 4            ein Ausgangsstrom-Zeitkurven-Diagramm, wie es beim Vorliegen einer Glimmentladung festgestellt wird,

Fig. 5 ein Ausgangsstrom-Zeitkurven-Diagramm, wie es beim Beginn der Lichtbogenbildung festzustellen ist und die

Fig. 6, 7 ein weiteres Diagramm und ein detailliertes Schaltbild der erfindungsgemäßen Regelelektronik eines Hochfrequenz-Generators.

Nach Fig. 1 wird ein Hochfrequenz-Generator 14 über zwei Zuleitungen 20, 21 an eine Schneidelektrode 12 bzw. eine großflächige Neutralelektrode 22 angelegt. Die Neutralelektrode 22 wird beispielsweise an den Rücken eines schematisch angedeuteten Patienten 23 angelegt, während von der entgegengesetzten Seite die Schneidelektrode 12 durch das Gewebe des Körpers des Patienten 23 hindurchgeführt wird. Die gestrichelten Linien deuten die Stromdichte an, welche sich im Bereich der Schneidelektrode 12 auf einen Wert erhöht, der zum Verdampfen von Gewebeflüssigkeit führt.

Nach Fig. 2 ist an die Ausgangsleitung 20 des Hochfrequenz-Generators 14 ein induktiver Geber 17 angelegt, an dessen Ausgang ein dem Ausgangsstrom des Hochfrequenz-Generators 14 proportionales Ausgangssignal anliegt. Die induktive Auskopplung erfolgt zweckmäßigerweise am Ausgangstransformator des Hochfrequenz-Generators 14.

Das Ausgangssignal des Gebers 17 wird an eine gestrichelt umrandete Regelstufe 13 angelegt, welche einen Gleichrichter 15, daran anschließend einen Komparator 16 und schließlich einen Integrator 19 aufweist. Vom Integrator 19 ist eine Rückkopplungsleitung 24 zum Hochfrequenz-Generator 14 zurückgeführt.

Der zweite Eingang des Komparators 16 wird durch eine von einer Klemme 25 über ein Potentiometer 26 abgeleitete Festspannung beaufschlagt. Überschreitet das vom Gleichrichter 15 in den ersten Eingang des Komparators 16 eintretende Signal die Festspannung, so tritt gemäß Fig. 3 ein Impuls 18 aus dem Komparator 16 aus. Unterschreitet das Ausgangssignal des Gleichrichters 15

den Wert der Festspannung am Eingang des Komparators 16, so ist das Ausgangssignal des Komparators gemäß Fig. 3 Null.

Am Ausgang des Integrators 19 entsteht ein Regelsignal, welches dem Flächeninhalt der Impulse 18 nach Fig. 3 proportional ist.

Fig. 4 gibt schematisch das Ausgangssignal des Gebers 17 in dem Augenblick wieder, wo eine Glimmentladung zwischen der Schneidelektrode und dem umgebenden Gewebe eingesetzt hat. Man erkennt im Bereich des Nulldurchgangs eine nach einem Knick 27 erfolgende Abflachung der Stromkurve. Dies entspricht einer Verkleinerung des Basisabstandes  $T$  der beiden Knickpunkte 27.

Wird nun die Festspannung am Eingang des Komparators 16 so eingestellt, daß bei einem Strom oberhalb der Knickstelle 27 ein Impuls 18 entsteht, darunter nicht, so werden innerhalb der oberhalb der Knickstellen 27 gelegenen Halbwelle 28 Impulse 18 vorliegen. Die Impulse 18 sind zwecks Kennzeichnung des zeitlichen Zusammenhanges auch in Fig. 4 gestrichelt angedeutet. Durch eine Zweiweggleichrichtung im Gleichrichter 15 kann auch die negative Halbwelle des Ausgangssignals des Gebers 17 ausgenutzt werden, was in Fig. 3 dargestellt ist. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 ist eine Einweggleichrichtung angenommen.

Je stärker die Glimmentladung wird und je mehr sie sich der Lichtbogenbildung nähert, wird die Abflachung 11 immer flacher, bis sie schließlich auf der Abszisse liegt, wie das in Fig. 5 gezeigt ist. Es liegt jetzt zwischen den Halbwellen eine Stromlücke 29 vor, und es hat sich ein Lichtbogen ausgebildet. Dieser Fall soll erfindungsgemäß durch geeignete Regelung vermieden werden.

Dies geschieht dadurch, daß schon bei einer Abflachung, wie sie in Fig. 4 angedeutet ist, der Integrator 19 ein ausreichendes Regelsignal zur Leistungsminderung am Hochfrequenz-Generator 14 liefert.

Fig. 3a deutet das am Ausgang des Integrators 19 vorliegende Regelsignal an. Der erste horizontale Bereich  $U_0$  entspricht dem Ohm'schen Kontakt, bei dem die Basis T in Fig. 4 am größten ist. Im Bereich der Glimmentladung fällt die Kurve dann zur Stromachse  $i$  stetig ab, bis sie im Bereich der Lichtbogenbildung nahe der  $i$ -Achse wieder in einen horizontalen Verlauf stetig umschwenkt. Dieser Bereich der Regelspannung darf erfindungsgemäß nicht erreicht werden. Die Grenze sollte etwa bei der durch eine gestrichelte Linie angedeuteten Spannung  $U_1$  liegen.

Mit anderen Worten wird die Regelspannung umso geringer, je kleiner die Länge  $t_1$  der Impulse 18 gemäß Fig. 3 ist. Ein Abfallen der Regelspannung bewirkt im Generator 14 eine Herabsetzung der Ausgangsleistung. Der Ausgang des Komparators 16 liefert also Rechteckgleichstromimpulse 18, deren Impulsdauer bei einer sinusförmigen Stromkurve genau der Hälfte dieser Sinuskurve entspricht. In diesem Fall ist also das Tastverhältnis 0,5. Beim Auftreten der beschriebenen Abflachung 11 der Stromkurve wird das Tastverhältnis kleiner als 0,5. Die Unterbrechung des direkten Kontaktes zwischen der Schneidelektrode 12 und dem Gewebe wird dadurch angezeigt.

Der Integrator 19 bildet eine dem Tastverhältnis proportionale Regelspannung. Diese Regelspannung steuert den Hochfrequenz-Generator 14 so, daß der Schnitt entweder bei direktem Ohm'schen Kontakt der Schneidelektrode 12 mit dem Gewebe oder bei Unterbrechung dieses Kontaktes bei Stromübergang durch eine für das

Gewebe günstige anormale Glimmentladung, nicht jedoch durch Lichtbogenbildung erfolgt. Die Regelgleichspannung regelt den Hochfrequenz-Generator 14 so, daß das Tastverhältnis jeweils nur knapp unter dem Wert 0,5 bleibt und die Zündung eines Lichtbogens an der Schneidelektrode 12 sicher verhindert wird.

Die Eingangsspannung, die dem Ausgangsstrom der Endstufe entspricht, hat etwa die Form gemäß Fig. 6. Aus dieser Spannungsform wird in der Regelektronik zur Leistungsregelung des Hochfrequenzgenerators nach Fig. 7 bis zum Kollektor TP1 des letzten Transistors BFY90 ein Rechteckimpuls gebildet. Der Ausgang des bei 5 in Fig. 7 gezeigten Tiefpasses liefert somit eine Gleichspannung, die dem Tastverhältnis entspricht.

Am Punkt 6 der Schaltung nach Fig. 7 wird eine Spannung abgegriffen, die proportional der Eingangsspannung ist. Die Spannung an der Stelle TP2 kann von 0 bis 5 V betragen. An der Stelle TP3 liegen wegen des Verhältnisses der Widerstände  $4,7k/2,2k$  immer ca. 5 V.

Der erste Operationsverstärker bildet wegen des Verhältnisses  $82k/22k$   $U_a$  (5 V- bei 0 bis 5 V). Bei negativer Ausgangsspannung sperrt die Diode. An der Stelle TP4 liegen wegen des Widerstandsverhältnisses  $3,3k/2,5k$  auch etwa 5 V.

Wenn  $U_e$  kleiner wird, steigt die Spannung an der Stelle TP4. Die Diode leitet. Der letzte Operationsverstärker bildet eine Spannung  $U_A$ , welche sich auf folgenden Wert beläuft:

$$U_A = U_{TP5} = 47k/10k (U_5 - U_{TP4}).$$

-17-

The diagram shows a vacuum furnace system. A rectangular box labeled 14 contains a zigzag line representing a heating element. A line labeled 20 connects the top of box 14 to a vertical line labeled 12. A line labeled 21 connects the bottom of box 14 to a horizontal line labeled 22. A sample holder, represented by a circle with dashed lines radiating from a central point, is positioned above the horizontal line 22. The entire system is enclosed within a larger rectangular frame.





FIG. 3

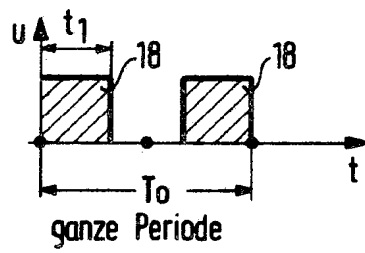


FIG. 3a

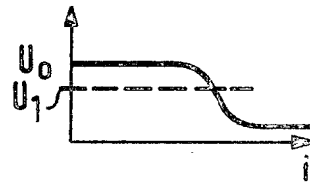


FIG. 4

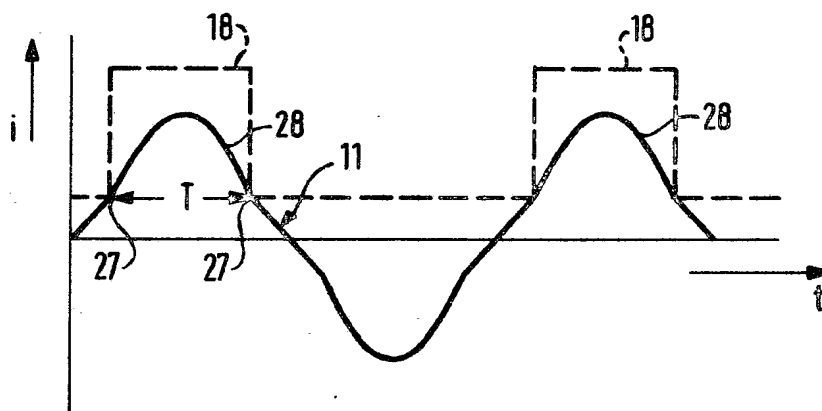


FIG. 5

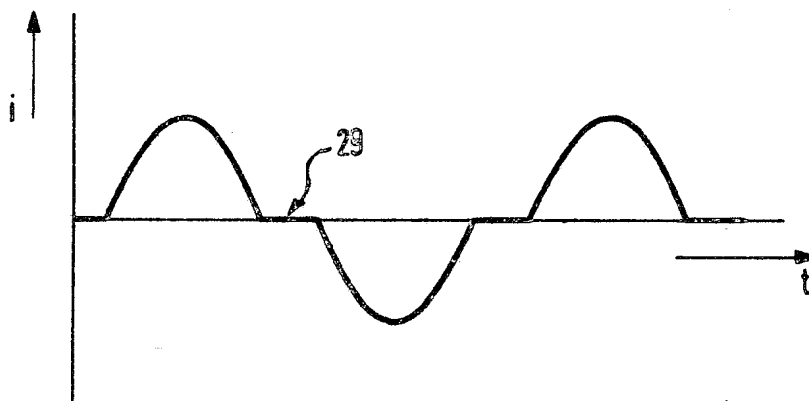


FIG. 7

